

PENGEMBANGAN *SPREADSHEET* UNTUK PERHITUNGAN KAPASITAS BAJA CANAI DINGIN DENGAN PENGAKU BERDASARKAN SNI 7971:2013

Ervan Ariyavinanta¹, Allexander Louis², Hasan Santoso³, Ima Muljati⁴

ABSTRAK : Saat ini, baja canai dingin (*cold-formed steel*) telah banyak digunakan sebagai struktur bangunan, seperti gording, reng, dan dak. Indonesia belum banyak memiliki panduan desain untuk perencanaan struktur baja canai dingin termasuk alat bantu desain berupa tabel-tabel profil. Dengan diterbitkannya SNI 7971:2013 tentang struktur baja canai dingin, maka penelitian ini bertujuan membuat *spreadsheet* untuk mengetahui kapasitas beberapa profil baja canai dingin khususnya profil dengan pengaku. Selain itu penelitian ini juga akan menyediakan panduan desain untuk menentukan kapasitas profil tarik, kapasitas profil tekan, kombinasi lentur dan geser, kombinasi lentur dan tumpu, kombinasi aksial tekan dan lentur serta kombinasi aksial tarik dan lentur terhadap beban-beban yang terjadi. Hasil dari penelitian ini dapat mempermudah perhitungan kapasitas profil dan dapat digunakan untuk memilih profil yang memenuhi kapasitas sesuai beban rencana dengan lebih mudah dan cepat.

KATA KUNCI: profil baja canai dingin dengan pengaku, SNI 7971:2013

1. PENDAHULUAN

Saat ini, baja canai dingin (*cold-formed steel*) sudah mulai banyak digunakan sebagai komponen struktur bangunan seperti gording, reng dan dak. Semakin berkembangnya jaman, semakin besar pula kebutuhan akan produk baja canai dingin. Dengan meningkatnya kebutuhan akan baja canai dingin, produsen-produk baja canai dingin semakin kreatif dan inovatif dalam memproduksi baja canai dingin, sehingga semakin beragam baja canai dingin yang ada di lapangan. Dengan kondisi ini, maka diperlukan *spreadsheet* untuk membantu perencana struktur menghitung kapasitas dari baja canai dingin untuk berbagai jenis profil dan ukuran.

Di Indonesia telah ditetapkan standar nasional mengenai baja canai dingin, yaitu SNI 7971:2013 tentang Struktur Baja Canai Dingin. Problema yang dihadapi Indonesia adalah belum adanya panduan yang mendukung untuk mempermudah proses perencanaan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikembangkan *spreadsheet* perhitungan kapasitas profil baja canai dingin yang dilengkapi dengan pengaku.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, ervan_93@hotmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, allexander080693@gmail.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Krsiten Petra, hasan@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, imuljati@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Lebar Efektif yang diperhitungkan dalam desain:

- Lebar efektif untuk perhitungan kapasitas
- Lebar efektif untuk perhitungan defleksi

Dalam desain perlu diperhatikan hal-hal berikut.

1) Desain tarik

$$N^* \leq \phi_t N \quad (\text{SNI 7971 3.2.1})$$

dimana

ϕ_t = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik

N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

2) Desain tekan

$$N^* \leq \phi_c N_s \quad (\text{SNI 7971 3.4.1})$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad (\text{SNI 7971 3.4.1})$$

dimana

ϕ_c = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur dalam tekan

N_s = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan

N_c = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan

3) Desain lentur

Momen lentur desain (M^*) dari komponen struktur lentur harus memenuhi persyaratan yaitu:

$$M^* = \phi_b M_s \quad (\text{SNI 7971 3.3.1(1)})$$

$$M^* = \phi_b M_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.1(2)})$$

dimana

ϕ_b = faktor reduksi kapasitas untuk lentur

M_s = kapasitas momen penampang nominal yang dihitung

M_b = kapasitas momen komponen struktur nominal yang dihitung

4) Desain geser

Gaya geser desain (V^*) pada setiap potongan penampang harus memenuhi

$$V^* = \phi_v V_v \quad (\text{SNI 7971 3.3.4.1})$$

dimana

ϕ_v = faktor reduksi kapasitas untuk geser

V_v = kapasitas geser nominal pelat badan

5) Kombinasi lentur dan geser

Untuk balok dengan pelat badan tanpa pengaku, momen lentur desain (M^*) dan gaya geser desain (V^*) harus memenuhi

$$\left(\frac{M^*}{\phi_b M_s} \right)^2 + \left(\frac{V^*}{\phi_v V_v} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(1)})$$

Untuk balok dengan pengaku pelat badan transversal, momen lentur desain (M^*) harus memenuhi

$$M^* \leq \phi_b M_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(2)})$$

Gaya geser desain (V^*) harus memenuhi

$$V^* \leq \phi_v V_v \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(3)})$$

6) Tumpu

$$R_b^* \leq \phi_w R_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.6.1})$$

dimana

ϕ_w = faktor reduksi kapasitas untuk tumpu

R_b = kapasitas nominal untuk beban atau reaksi terpusat untuk sebuah pelat badan solid yang menghubungkan sayap atas dan bawah

7) Kombinasi lentur dan tumpu

Untuk penampang dengan pelat badan tunggal tanpa pengaku harus memenuhi

$$1,07 \left(\frac{R^*}{\phi_w R_b} \right) + \left(\frac{M^*}{\phi_b M_s} \right) \leq 1,42 \quad (\text{SNI 7971 3.3.7(1)})$$

dimana

R^* = beban atau reaksi terpusat desain yang terjadi bila ada momen lentur

R_b = kapasitas nominal untuk beban atau reaksi terpusat yang terjadi tanpa adanya momen lentur dengan asumsi pembebanan satu sayap interior pelat badan tunggal untuk sekumpulan penampang Z, yaitu jumlah dua pelat badan yang dihitung secara individu

$\phi = 0,9$

M^* = momen lentur desain pada, atau di dekat, titik tempat bekerjanya beban atau reaksi terpusat desain (R^*)

M_s = kapasitas momen penampang nominal terhadap sumbu yang melalui titik berat

8) Kombinasi aksial tekan dan lentur

Gaya tekan aksial desain (N^*), dan momen lentur desain (M_x^* dan M_y^*) terhadap sumbu x dan y dari penampang efektif, harus memenuhi syarat berikut ini

$$(a) \frac{N^*}{\phi_c N_c} + \frac{C_{mx} M_x^*}{\phi_b M_{bx} \alpha_{nx}} + \frac{C_{my} M_y^*}{\phi_b M_{by} \alpha_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(1)})$$

$$(b) \frac{N^*}{\phi_c N_s} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(2)})$$

Jika $N^*/\phi_c N_c \leq 0,15$, interaksi berikut harus digunakan sebagai pengganti poin (a) dan (b)

$$\frac{N^*}{\phi_c N_c} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(3)})$$

dimana

ϕ_c = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tekan

N_s = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan

N_c = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan

ϕ_b = faktor reduksi kapasitas untuk lentur

C_{mx}, C_{my} = koefisien untuk momen ujung yang tidak sama

M_x^*, M_y^* = momen lentur desain terhadap sumbu x dan y dari penampang efektif, ditentukan untuk gaya aksial desain saja

α_{nx}, α_{ny} = faktor amplifikasi momen

9) Kombinasi aksial tarik dan lentur

$$\frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} - \frac{N^*}{\phi_t N_t} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.2(1)})$$

$$\frac{N^*}{\phi_t N_t} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{sxf}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{syf}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.2(2)})$$

dimana

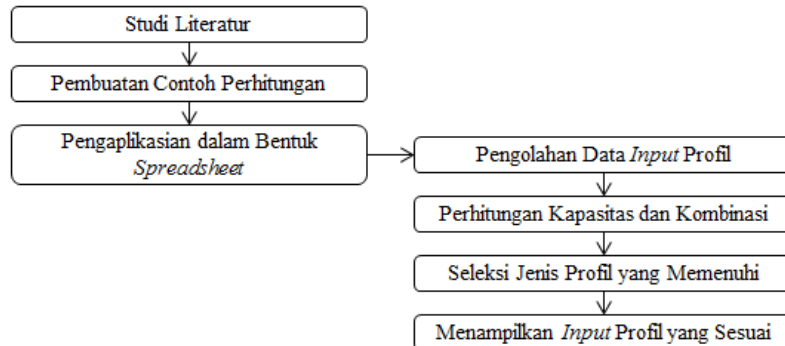
N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

M_{sxf}, M_{syf} = kapasitas momen leleh penampang nominal dari penampang utuh terhadap sumbu x dan y

M_{bx}, M_{by} = kapasitas momen komponen struktur struktur nominal terhadap sumbu x dan y , dari penampang efektif

3. METODOLOGI PENELITIAN

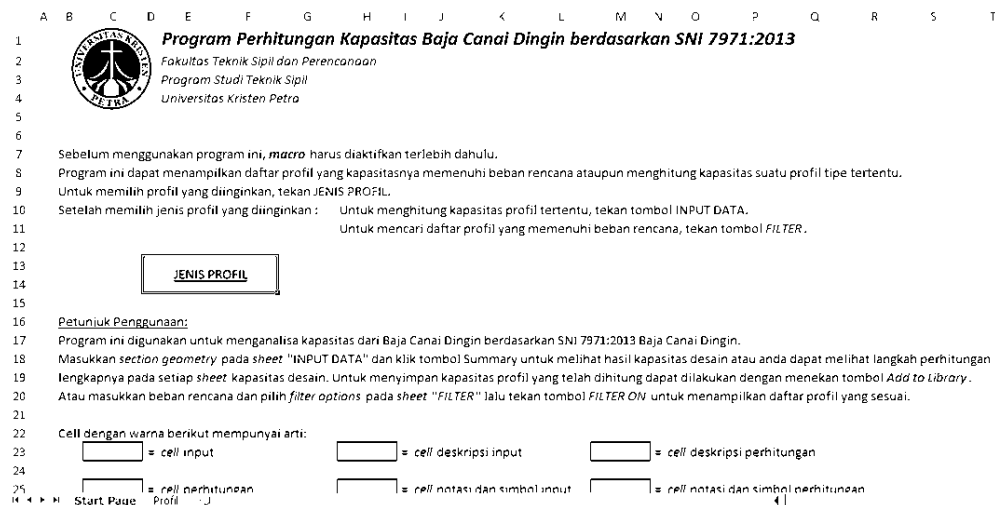
Secara garis besar alir program yang dibuat untuk melakukan perhitungan kapasitas profil dengan menggunakan *spreadsheet* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

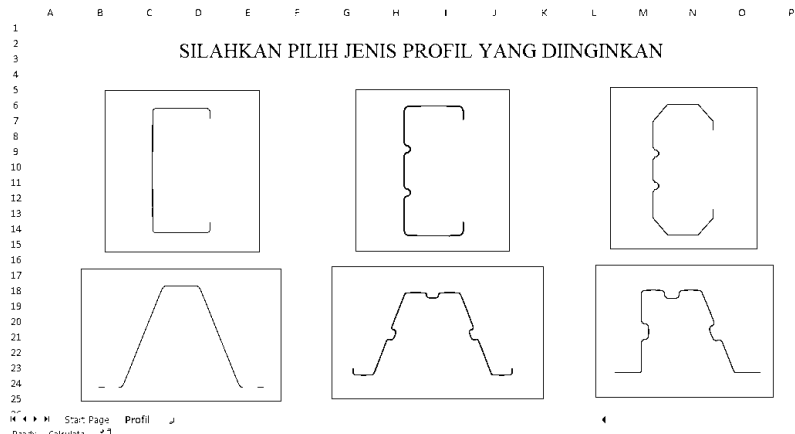
4. PROSEDUR PENGGUNAAN PROGRAM

Untuk memulai program, buka *file spreadsheet* “*Start Page*”. Pada awal halaman *spreadsheet* akan ada tampilan seperti **Gambar 2**.



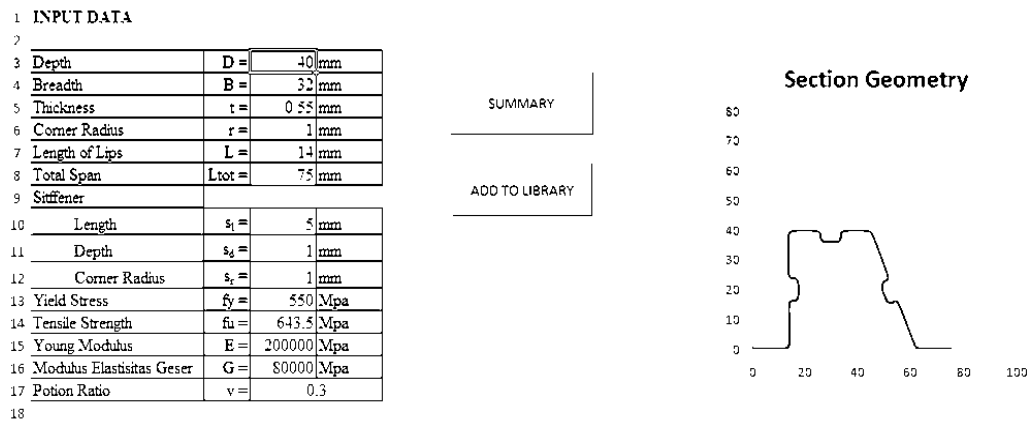
Gambar 2. Tampilan Awal Spreadsheet

Pengguna akan ditampilkan jenis-jenis profil seperti **Gambar 3**. Untuk profil kanal C dan *Hat Section* tanpa pengaku menggunakan penelitian sebelumnya oleh Setiawan dan Nishimura (2015).



Gambar 3. Tampilan Jenis Profil

Setelah pengguna memilih jenis profil yang diinginkan maka pengguna akan dihadapkan dengan *sheet INPUT DATA*. Jenis-jenis *input* yang harus diisi oleh pengguna pada *sheet* tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



Gambar 4. Tampilan *Input* Dimensi Profil dan Gambar Profil

19	Sambungan Sekrup			
20	Diameter Nominal Sekrup	df =	3	mm
21	Tebal Pelat Penyambung	tp =	1	mm
22	Jarak Lubang Mendatar	sp =	0	mm
23	Jarak Lubang Tegak	sg =	16	mm
24	Jarak Tepi Mendatar	x' =	15	mm
25	Jarak Tepi Tegak	y' =	12	mm
26				
27	Informasi Tambahan			
28	Kode Tumpu	=	1	(1 - 6)
29	Panjang Tumpu	lb =	35	mm
30	Beban merata	w =	1	N/mm
31				
32	Member Option			
33	Member Length	=	1000	mm
34				
35	Effective Length			
36	Effective Length x	lex =	1000	mm
37	Effective Length y	ley =	1000	mm
38	Effective Length z	lez =	1000	mm

Gambar 5. Tampilan *Input* Sambungan Sekrup, Kode Tumpu, Beban Merata, dan *Member Length*

A	B	C	D	E	F	G	H
40	Load conditions						
41							
42	User Defined CTF =						
43							
44	End Moments						
45	M1 = 0.04167 kNm						
46	M2 = 0.04167 kNm						
47	CTF = 0.2						
48							
49							
50	User Defined Cb =						
51							
52	Span Moments						
53	Mmax = 0.08333 kNm						
54	M3 = 0.05208 kNm						
55	M4 = 0.08333 kNm						
56	M5 = 0.05208 kNm						
57	Cb = 1.21951						

Gambar 6. Tampilan Input Load Conditions

Apabila pengguna ingin menyimpan profil yang telah dihitung kapasitasnya, maka klik tombol *Add to Library* yang terdapat pada *sheet INPUT DATA*. Data profil akan langsung tersimpan pada *sheet LIBRARY*.

Selanjutnya setelah pengguna memasukkan *input*, kapasitas dari profil yang dimasukkan dapat dilihat pada *sheet SUMMARY* seperti pada **Gambar 7**. Apabila pengguna ingin melihat langkah perhitungan secara lengkap, klik "*Source*" atau dapat dilihat pada setiap *sheet* kapasitas desain.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
26																				
27	Capacities																			
28		Tarik	Kapasitas sambungan sekrup	Nt =																
29			Kapasitas profil tarik	Nt = Agfy =	46495.4	N	0.9	=	41845.8	N								Source	1.90942	kN
30				Nt = 0.85ktAnfa =	37769.4	N	0.9	=	33992.5	N								Source		
31		Tekan	Kapasitas penampang nominal	Nc = Aefn =	23492	N	0.85	=	19968.2	N								Source	19.9682	kN
32			Kapasitas komponen struktur nominal	Ns = Aefv =	37776	N	0.85	=	32109.6	N								Source		
33		Lentur X-X	Kapasitas berdasarkan lebar efektif	Ms = Zefy =	473910	Mpa	0.95	=	450215	Mpa								Source		
34			Kapasitas berdasarkan tekuk lateral	Mb = Zefc =	473910	Mpa	0.9	=	426519	Mpa								Source	426.519	kNm
35		Lentur Y-Y (compression)	Kapasitas berdasarkan lebar efektif	Ms = Zefy =	429575	Mpa	0.95	=	408096	Mpa								Source		
36			Kapasitas berdasarkan tekuk lateral	Mb = Zefc =	429575	Mpa	0.9	=	386618	Mpa								Source	386.618	kNm
37		Lentur Y-Y (tension)	Kapasitas berdasarkan lebar efektif	Ms = Zefy =	317466	Mpa	0.95	=	301593	Mpa								Source		
38			Kapasitas berdasarkan tekuk lateral	Mb = Zefc =	317466	Mpa	0.9	=	285719	Mpa								Source	285.719	kNm
39		Geser	Kapasitas geser	Vv =	3994.3	N	0.9	=	3594.87	N								Source	3.59487	kN
40		Tumpu	Kapasitas tumpu	Rb =	1864.29	N	0.75	=	1398.22	N								Source	1.39822	kN
41		Kombinasi	Kombinasi lentur dan geser		= 0.055		<		1		OK									
42			Kombinasi lentur dan tumpu		= 0.273		<		1		OK									
43					= 0.583		<		1		OK									
44			Kombinasi aksial tarik dan lentur		= 0.586		<		1		OK									
45					= 0.587		<		1		OK									
46			Kombinasi tekan dan lentur																	
47																				

Gambar 7. Tampilan Output Kapasitas Profil

Apabila pengguna ingin mencari daftar-daftar profil yang memenuhi beban rencana yang sudah tersimpan dari *library*, maka pengguna harus memilih *sheet FILTER*. *Input* beban rencana dan *filter options* dapat dilihat pada **Gambar 8**.

1 **FILTER LIBRARY**

2

3 *Input beban rencana:*

4 Momen lentur desain terhadap sumbu x	$M_x^* =$	10 kNm
5 Momen lentur desain terhadap sumbu y	$M_y^* =$	6 kNm
6 Gaya aksial desain	$N^* =$	1 kN
7 Gaya geser desain	$V^* =$	3 kN
8 Reaksi terpusat desain yang terjadi	$R^* =$	3 kN

9

10 *Filter options:*

11 Kondisi perletakan dan pembebanan	=	3
12 Member length (mm)	=	3000

13

14 *Daftar profil yang memenuhi:*

Length	Profil					Kode Tumpu	Kapasitas Desain					
	D	B	t	r	L		Tarik {kN}	Tekan {kN}	Lentur X-X {kNm}	Lentur Y-Y {comp.} {kNm}	Lentur Y-Y {tens.} {kNm}	Geser {kN}

15

16

17

18

19

20

21

Gambar 8. Tampilan *Input* Beban Rencana dan *Filter Options*

Setelah itu, apabila pengguna menekan tombol *FILTER ON* akan memenuhi daftar profil yang memenuhi (**Gambar 9**) berdasarkan *input* yang telah dimasukkan. Pengguna dapat menekan tombol *CLEAR* untuk menghapus daftar-daftar profil yang telah ditampilkan.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

Filter LIBRARY

Input beban rencana:

Momen lentur desain terhadap sumbu x

M_x* =

10 kNm

Momen lentur desain terhadap sumbu y

M_y* =

6 kNm

Gaya aksial desain

N* =

1 kN

Gaya geser desain

V* =

3 kN

Reaksi terpusat desain yang terjadi

R* =

3 kN

Filter options:

Kondisi perletakan dan pembebanan

=

3

Member length (mm)

=

3000

Daftar profil yang memenuhi:

Length	Profil					Kode Tumpu	Kapasitas Desain						
	D	B	t	r	L		Tarik {kN}	Tekan {kN}	Lentur X-X {kNm}	Lentur Y-Y {comp.} {kNm}	Lentur Y-Y {tens.} {kNm}	Geser {kN}	Tumpu {kN}
3000	300	96	2.4	5	27.5	3	7.220	150.059	66.015	11.602	11.572	42.164	12.419
3000	300	96	3	5	31.5	3	9.025	223.304	97.086	16.511	16.511	82.700	21.263
3000	350	125	3	5	30	3	9.025	273.618	112.627	23.983	23.983	70.320	19.690

Gambar 9. Tampilan *Output Filter* dari *Library* yang Tersimpan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat dari *spreadsheet* yang telah dibuat, secara umum dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Program pada *spreadsheet* ini dapat membantu dalam perhitungan kapasitas profil dengan pengaku.
2. Pemberian pengaku dapat meningkatkan kapasitas tekan profil dikarenakan meningkatnya lebar efektif dari elemen dengan pengaku pada profil.
3. Penggunaan *spreadsheet* ini dapat membantu dalam menentukan profil-profil yang memenuhi kapasitas sesuai beban rencana yang diinginkan dengan cepat berdasarkan *library* (kumpulan kapasitas profil) yang ada.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembuatan *spreadsheet* atau aplikasi pembantu lainnya sebagai sarana untuk mempermudah perhitungan adalah:

1. Program dapat dikembangkan untuk perhitungan yang bukan *simple supported*.
2. Pilihan jumlah *screw* yang digunakan dapat lebih banyak dengan posisi lubang yang beragam.
3. Program dapat dikembangkan untuk perhitungan beragam profil yang lainnya.
4. Perhitungan baja canai dingin dapat dikembangkan dengan jenis program lainnya karena fitur *spreadsheet* yang terbatas.

6. DAFTAR REFERENSI

- Setiawan, E. dan Nishimura, Y. (2015). *Pengembangan Spreadsheet untuk Perhitungan Kapasitas Baja Canai Dingin Berdasarkan SNI 7971:2013*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Tim Penyusun. (2013). *SNI 7971:2013 "Struktur Baja Canai Dingin"*. Jakarta: BSN.